

# STRUKTUR ANATOMI DAUN LENGKENG (*DIMOCARPUS LONGAN* LOUR.) KULTIVAR LOKAL, ITOH, PINGPONG DAN DIAMOND RIVER (ANATOMY STRUCTURE OF THE LONGAN LEAF (*DIMOCARPUS LONGAN* LOUR.) LOCAL, ITOH, PINGPONG AND DIAMOND RIVER CULTIVAR)

Nurul Aini, Dra. Dwi Setyati M.Si., Dra. Umiyah M.Sc. Agr.  
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember (UNEJ)  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: [dwi.setyati.fmipa@unej.ac.id](mailto:dwi.setyati.fmipa@unej.ac.id)

## Abstrak

Lengkeng (*Dimocarpus longan* Lour.) merupakan salah satu tanaman asli dari Asia Tenggara yang termasuk dalam famili Sapindaceae. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui struktur anatomi daun lengkeng dan perbedaan antar ke empat kultivar tersebut. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode parafin (Suntoro, 1983) untuk preparat anatomi di Fakultas Biologi, UGM dan metode Johansen (1940) dilakukan untuk pembuatan preparat paradermal stomata di jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Jember. Hasil menunjukkan bahwa struktur anatomi daun lengkeng terdapat perbedaan dalam hal ketebalannya. Nilai ketebalan daun tertinggi pada kultivar Pingpong dengan mesofil paling tebal diantara ketiga kultivar tersebut yaitu 174,04  $\mu\text{m}$ , dan jaringan palisade yaitu 71,69  $\mu\text{m}$ , epidermis atas yaitu 12,52  $\mu\text{m}$ , kutikula yaitu 5,53  $\mu\text{m}$ , serta mempunyai lengan trikoma paling panjang dengan nilai rata-rata 17,82  $\mu\text{m}$ , Kultivar pingpong juga mempunyai nilai densitas stomata tertinggi di antara ketiga kultivar lainnya yaitu 20,38  $\text{mm}^2$ , tetapi mempunyai panjang stomata terendah yaitu 21,42  $\mu\text{m}$ .

**Kata Kunci:** Anatomi lengkeng, *Dimocarpus longan*, densitas stomata.

## Abstract

Longan (*Longan Dimocarpus* Lour.) is one of the original plants from Southeast Asia included in the family Sapindaceae. The purpose to determine the anatomy structure of the longan leaf and differences between the four cultivars. This study used two methods, the method of paraffin (Suntoro, 1983) for the preparation of anatomy in the Faculty Biology, UGM and Johansen (1940) for the preparation paradermal stomata in the department of Biology, Faculty Science, Jember University. The results showed that the anatomy structure of the longan leaf there is a difference in thickness. Thickness leaf value was highest in Pingpong cultivar with mesophyll thickest among the three cultivars is the 174.04  $\mu\text{m}$  and 71.69  $\mu\text{m}$  is palisade tissue, adaxial epidermis is 12.52  $\mu\text{m}$ , cuticle is 5.53  $\mu\text{m}$  and bear arms most trichomes long with an average value of 17.82  $\mu\text{m}$ , Pingpong cultivar also had the highest stomatal density values among the three other cultivars is 20.38  $\text{mm}^2$ , but have the lowest stomatal length is 21.42  $\mu\text{m}$ .

**Keywords:** Longan anatomy, *Dimocarpus longan*, stomatal density

## PENDAHULUAN

Lengkeng (*Dimocarpus longan* Lour.) merupakan salah satu tanaman asli dari Asia Tenggara yang termasuk dalam famili Sapindaceae. Lengkeng sudah dibudidayakan di beberapa daerah di Indonesia, termasuk di Jember [1] seperti lengkeng Lokal, Diamond river, Pingpong dan Itoh. Diamond river merupakan hasil introduksi dari Thailand dan Pingpong berasal dari Vietnam. Sedangkan lengkeng Lokal yang dibudidayakan adalah lengkeng Batu dan lengkeng Kopyor [2].

Secara morfologi dan anatomi daun merupakan organ tumbuhan yang paling bervariasi [3]. Daun merupakan organ penting pada proses fotosintesis. Secara morfologi daun mempunyai keragaman struktur, pada famili yang sama tetapi spesies berbeda struktur daunnya beragam. Bahkan pada spesies yang sama tetapi kultivar berbeda juga

mempunyai struktur morfologi yang berbeda. Hal ini juga terlihat pada beberapa kultivar lengkeng. Lengkeng kultivar Diamond river memiliki daun berwarna hijau dengan tepi bergelombang, sedangkan lengkeng kultivar Itoh mempunyai daun berwarna hijau dengan tepi bergelombang mirip Diamond river tetapi daunnya tidak tegak melainkan jatuh, ukuran daun kultivar itoh lebih panjang dari Diamond river. Sedangkan lengkeng kultivar Pingpong mempunyai tajuk yang rimbun dengan daun berwarna hijau menggulung kebelakang [4].

Selain keragaman struktur morfologi daun, juga terdapat keragaman struktur anatomi daunnya. Struktur anatomi daun terdiri dari epidermis, mesofil, serta sistem pembuluh. Epidermis merupakan lapisan sel terluar pada daun yang umumnya tersusun atas satu lapisan sel. Derivat epidermis daun antara lain: trikoma, sel kipas, dan stomata [5]. Mesofil terletak disebelah dalam epidermis terdiri dari

jaringan palisade dan jaringan spons. Secara umum daun mempunyai bagian-bagian tersebut tetapi ketebalan, ukuran dan jumlah lapisan dapat bervariasi. Pada famili yang sama tetapi spesies berbeda struktur daunnya beragam. Oleh sebab itu akan dilakukan penelitian tentang struktur anatomi daun lengkung (*Dimocarpus longan* Lour.) kultivar Lokal, Pingpong, Itoh, dan Diamond river, dengan tujuan untuk mengetahui adanya perbedaan antar kultivar lengkung tersebut.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2012 sampai September 2012. Lokasi pengambilan sampel daun lengkung di Kecamatan Ajung, Jember. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode parafin menggunakan FAA [6] untuk pembuatan preparat anatomi daun lengkung dilakukan di Fakultas Biologi, UGM dan metode Johansen [7] menggunakan HNO<sub>3</sub> untuk pembuatan preparat paradermal stomata dilakukan di jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Jember. Pemotretan preparat di Laboratorium Biomedik, Farmasi, Universitas Jember.

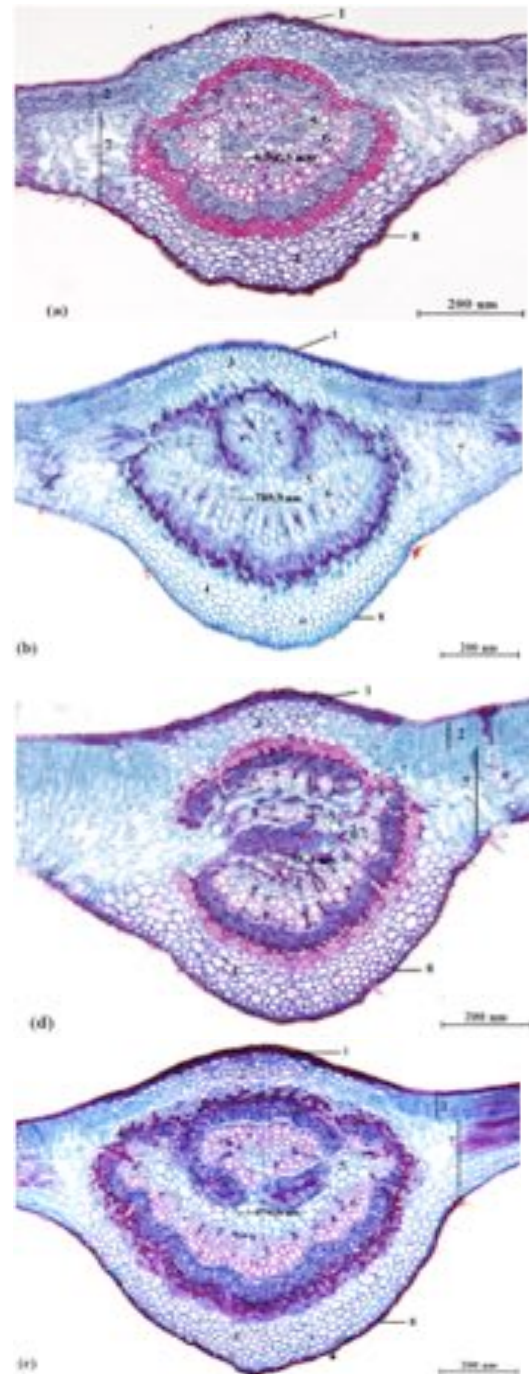
## HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian, struktur anatomi daun lengkung mempunyai kutikula, epidermis atas dan bawah, mesofil, jaringan palisade, jaringan spons dan ibu tulang daun berbeda dalam hal ketebalannya dapat dilihat pada tabel 1, gambar 1, 2 dan 3. Sedangkan parameter stomata dan densitas stomata dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Anatomi daun keempat kultivar lengkung pada perbesaran mikroskop 40x10

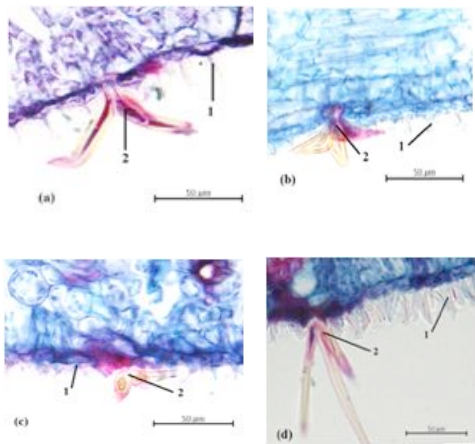
| No | Nama Kultivar Lengkeng | Rata-rata Ketebalan Anatomi Daun Lengkeng |                                       |  |                                       |                                  |                          |                       |                        |
|----|------------------------|---|---------------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
|    |                        | Kuti-<br>kula<br>atas<br>( $\mu$ m)       | Epi-<br>dermi<br>s atas<br>( $\mu$ m) | Pnjng<br>Tri-<br>koma<br>Epi-<br>dermis<br>Bawah<br>( $\mu$ m) | Epi-<br>dermis<br>Bawah<br>( $\mu$ m) | Jar. Pali-<br>sade<br>( $\mu$ m) | Jar. Spons<br>( $\mu$ m) | Mesofil<br>( $\mu$ m) | Ibu<br>Tulang<br>Daun* |
| 1. | Lokal                  | 3,11                                      | 11,46                                 | 14,32  | 8,1                                   | 56,31                            | 93,79                    | 150,1                 | 766                    |
| 2. | Itoh                   | 3,51                                      | 12,52                                 | 10,37  | 8,54                                  | 59,59                            | 100,45                   | 160,04                | 968,76                 |
| 3. | Pingpong               | 5,52                                      | 9,23                                  | 17,82  | 8,34                                  | 71,69                            | 102,35                   | 174,04                | 769,48                 |
| 4. | Diamond river          | 8,02                                      | 9,28                                  | 15,31  | 9,5                                   | 58,34                            | 114,62                   | 172,96                | 629,5                  |

Keterangan: \* Ketebalan ibu tulang daun pada perbesaran mikroskop 10x10.



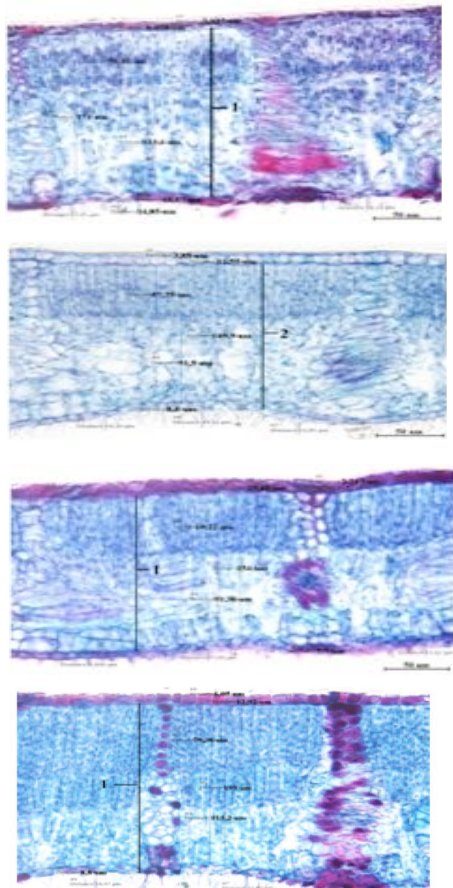
Keterangan gambar: 1. Epidermis atas 2. Jaringan palisade 3. Kolenkim 4. Parenkim 5. Xylem 6. Floem 7. Jaringan spons 8. Epidermis bawah.

Gambar 1. Penampang melintang daun lengkung (a) kultivar Diamond river (b) kultivar Lokal (c) kultivar Itoh, dan (d) kultivar Pingpong.



(a) Kultivar Diamond river; (b)Kultivar Lokal; (c)Kultivar Itoh; (d)Kultivar Pingpong. Keterangan gambar: 1.Trikoma tanpa kelenjar 2.Trikoma berkelenjar

Gambar 2. Trikoma berkelenjar dan tanpa kelenjer keempat kultivar lengkeng pada perbesaran mikroskop 40x10.



(a) Kultivar Diamond river; (b) Kultivar Lokal; (c) Kultivar Itoh; (d) Kultivar Pingpong. Keterangan: 1. Mesofil

Gambar 3. Penampang melintang daun lengkeng (Mesofil) pada perbesaran mikroskop 40x10.

Tabel 2. Parameter stomata pada keempat kultivar lengkeng.

| No. | Nama Kultivar Lengkeng | Densitas Stomata/m <sup>2</sup> | Rata-rata Ukuran Stomata |            |                    |                  |
|-----|------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------|--------------------|------------------|
|     |                        |                                 | Panjang (µm)             | Lebar (µm) | Panjang Porus (µm) | Lebar Porus (µm) |
| 1.  | Lokal                  | 10,19                           | 24,99                    | 14,28      | 14,28              | 7,14             |
| 2.  | Itoh                   | 15,28                           | 24,99                    | 14,28      | 14,28              | 7,14             |
| 3.  | Pingpong               | 20,38                           | 21,42                    | 14,28      | 14,28              | 7,14             |
| 4.  | Diamond river          | 10,19                           | 24,99                    | 14,28      | 14,28              | 7,14             |

PEMBAHASAN

Daun merupakan salah satu organ dasar pada tanaman, organ selanjutnya adalah batang dan akar. Daun termasuk organ pokok diantara ketiga organ tersebut dan merupakan organ yang penting dalam fotosintesis. Daun juga berfungsi melindungi perkembangan pucuk vegetatif dan melindungi bunga [8].

Berdasarkan hasil penelitian secara umum anatomi daun lengkeng tersusun atas kutikula, epidermis dan derivatnya, mesofil (jaringan palisade dan jaringan bunga karang), dan jaringan pembuluh. Tebal tipisnya lamina daun tergantung pada letak bagian daun (pangkal, tengah, dan ujung) dan ketuaan daun (daun tua dan daun muda). Namun, dalam hal ini semua sampel diambil pada bagian yang sama yaitu pada daun keempat dari pucuk dan lamina daun bagian tengah.

Hasil pengamatan preparat melintang keempat kultivar lengkeng dapat diketahui bahwa masing-masing kultivar lengkeng memiliki selapis sel epidermis pada permukaan atas dan bawah dengan trikoma pada epidermis bagian bawah. Jaringan palisade hanya terdapat pada bagian atas saja (adaxial), jaringan spons di bagian bawah (abaxial) dengan tipe daun dorsiventral atau bifasial. Di samping itu ke empat kultivar tersebut memiliki karakter ukuran sel epidermis atas dan bawah, ibu tulang daun, mesofil, jaringan palisade, dan jaringan spons berbeda dalam hal ketebalannya (tabel 1 dan gambar 1). Pada kultivar Itoh mempunyai ketebalan ibu tulang daun dengan nilai tertinggi yaitu 968,76 µm, nilai terendah pada kultivar Diamond river yaitu 629,5 µm.

Lapisan terluar dari daun adalah epidermis yang umumnya mempunyai satu lapis sel yang berfungsi melindungi jaringan dari lingkungan luar, berperan dalam pengaturan pertukaran gas pada daun dan bagian permukaan luarnya dilapisi oleh kutikula [9]. Epidermis mempunyai derivat antara lain: trikoma, stomata, sel kipas [10]. Pada masing-masing kultivar lengkeng lapisan epidermis terdiri dari satu lapis sel saja tetapi dalam hal ketebalan menunjukkan hasil yang sedikit berbeda (tabel 1). Pada epidermis atas pada kultivar Diamond mempunyai nilai ketebalan tertinggi diantara ketiga kultivar lainnya yaitu 12,52 µm sedangkan pada kultivar Pingpong mempunyai nilai ketebalan yang lebih rendah dari kultivar Diamond dan Lokal yaitu 9,23 µm. Pada epidermis bawah, kultivar Lokal, Pingpong dan Itoh mempunyai ketebalan yang hampir sama, sedangkan nilai ketebalan tertinggi pada



kultivar Diamond river yaitu 9,5  $\mu\text{m}$ .

Kutikula merupakan senyawa lemak yang terdapat di permukaan luar dinding sel epidermis [11]. Pada kultivar Pingpong mempunyai ketebalan kutikula tertinggi dengan nilai rata-rata yaitu 5,53  $\mu\text{m}$  (gambar 3.). Kutikula yang paling tebal terdapat pada bagian adaxial dijumpai pada semua kultivar sedangkan pada bagian abaxial kutikula tidak dapat diamati dengan jelas. Ketebalan kutikula dapat diindikasikan sebagai salah satu ciri adaptasi tanaman pada lingkungan kering [11]. Kutikula pada dinding sel dapat melindungi sel dari infeksi serangan hama penyakit melalui komposisi kimianya. Komposisi kimia dari dinding sel berbeda tergantung dari jenis sel dan fungsi jaringan, seperti aktifitas metabolisme protoplas, lignin, lipid, protein, dan polisakarida. Lipid yang berperan penting pada sel yaitu kutikula, suberin, dan lilin karena mempunyai resistensi yang tinggi terhadap infeksi dan dapat melindungi jaringan. Kutikula berpengaruh terhadap patogen, hal ini berhubungan dengan aktifitas enzim karena kerusakan atau penetrasi kutikula dapat menyebabkan pertumbuhan hifa seperti *Botrytis cinerea* menyebabkan kerusakan kutikula pada daun kacang-kacangan. Patogen dapat menggunakan cutinesterase dan oxidative enzim lainnya untuk merusak kutikula. Kutikula mempunyai mekanisme dalam melindungi dinding sel dari patogen dengan cara meningkatkan aktifitas enzim cutinase [12].

Trikoma merupakan salah satu derivat epidermis yang berada paling luar dari derivat lainnya. Daun lengkung pada semua kultivar mempunyai dua tipe trikoma yaitu trikoma tanpa kelenjar dan trikoma berkelenjar yang terletak pada bagian bawah, tetapi trikoma yang diamati mayoritas mempunyai tipe trikoma tanpa kelenjar (gambar 2). Trikoma berkelenjar mempunyai berhubungan dengan sekresi berbagai bahan misalnya larutan garam, larutan gula (nektar), dan polisakarida [3]. Trikoma tanpa kelenjar yaitu rambut multiseluler yang berbentuk bintang (stelata). trikoma tanpa kelenjar pada bagian bawah mempunyai lengan panjang yang tidak sama pada masing-masing kultivar. Pengukuran dilakukan 3x sebanyak 10 ulangan pada masing-masing kultivar lengkung. Pada kultivar Pingpong panjang trikomanya mempunyai nilai tertinggi yaitu 17,82  $\mu\text{m}$ , sedangkan ketiga kultivar lainnya berturut-turut Diamond, Lokal, dan Itoh yaitu 15,31  $\mu\text{m}$ , 14,32  $\mu\text{m}$ , dan 10,37  $\mu\text{m}$ . Menurut Imaningsih [13] bahwa selain berperan dalam mendukung aktifitas fisiologis tanaman, trikoma juga berfungsi sebagai parameter morfologis dan anatomis yang penting pada ketahanan tanaman. Trikoma berkelenjar (gambar 2) terdiri dari 2-3 sel terletak pada epidermis bawah. Jumlahnya hanya sedikit jika dibandingkan dengan trikoma tanpa kelenjar tetapi mempunyai ukuran yang lebih besar dari trikoma tanpa kelenjar. Trikoma berkelenjar ini berhubungan dengan sekresi berbagai bahan misalnya larutan garam, larutan gula (nektar), dan polisakarida [3]. Trikoma juga dapat melindungi mesofil dari kehilangan panas, sebagai pelindung terhadap serangan penyakit sehingga berfungsi sebagai senjata, dan sebagai alat sekresi atau kelenjar [14].

Ukuran stomata untuk lebar stomata, panjang porus

dan lebar porus keempat kultivar lengkung masing-masing mempunyai rata-rata yang sama berturut-turut yaitu 14,28  $\mu\text{m}$ , 14,28  $\mu\text{m}$  dan 7,14  $\mu\text{m}$ . Sedangkan panjang stomata pada ketiga kultivar lengkung yaitu Lokal, Itoh, dan Diamond river mempunyai ukuran yang sama yaitu 24,99  $\mu\text{m}$  sedang kultivar pingpong rata-rata panjang stomata hanya 21,42  $\mu\text{m}$ .

Densitas stomata merupakan jumlah stomata per satuan luas bidang pandang. Hasil perhitungan densitas menunjukkan bahwa nilai tertinggi pada kultivar Pingpong yaitu 20,38 stomata/ $\text{mm}^2$  yang diikuti dengan kultivar Itoh 15,28 stomata/ $\text{mm}^2$ , sedangkan kultivar Lokal dan Diamond river masing-masing mempunyai rata-rata yang sama yaitu 10,19 stomata/ $\text{mm}^2$ . Berdasarkan hasil densitas stomata tersebut maka keempat kultivar lengkung mempunyai densitas stomata tergolong sedikit karena jumlahnya 1-50 stomata/ $\text{mm}^2$ .

Mesofil terdiri dari dua tipe jaringan yaitu jaringan tiang (palisade) dan jaringan spons (bunga karang) (gambar 3). Ketebalan mesofil dengan nilai tertinggi pada kultivar Pingpong sebesar 174,04  $\mu\text{m}$  dan nilai terendah pada kultivar Lokal yaitu 150,1  $\mu\text{m}$ . Begitu juga dengan ketebalan jaringan palisade dan jaringan spons yang mempunyai nilai tertinggi pada kultivar Pingpong dan nilai ketebalan terendah pada kultivar Lokal. Jaringan spons hanya mengandung sedikit kloroplas jika dibandingkan dengan jaringan palisade. Fungsi utama jaringan spons ini sebagai penyimpan sementara hasil fotosintesis yang dihasilkan dari sel-sel palisade [15].

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pada ke empat kultivar lengkung yaitu kultivar Lokal, Itoh, Pingpong, dan Diamond river secara umum mempunyai struktur anatomi yang sama yaitu tersusun atas: epidermis, mesofil dan jaringan pengangkut. Perbedaan keempat kultivar tersebut pada ketebalan epidermis atas, epidermis bawah, trikoma, mesofil, jaringan palisade, jaringan spons, stomata dan densitas stomata. Nilai ketebalan daun tertinggi pada kultivar Pingpong sesuai dengan morfologinya yang mempunyai ketebalan lamina dan mesofil paling tebal diantara ketiga kultivar tersebut yaitu 174,04  $\mu\text{m}$ , dan jaringan palisade yaitu 71,69  $\mu\text{m}$ , epidermis atas yaitu 12,52  $\mu\text{m}$ , kutikula yaitu 5,53  $\mu\text{m}$ , serta mempunyai lengan trikoma paling panjang dengan nilai rata-rata 17,82  $\mu\text{m}$ . Kultivar pingpong juga mempunyai nilai densitas stomata tertinggi di antara ketiga kultivar lainnya yaitu 20,38  $\text{mm}^2$ , tetapi mempunyai panjang stomata terendah yaitu 21,42  $\mu\text{m}$ . Berdasarkan densitas stomata tersebut maka keempat kultivar lengkung mempunyai densitas stomata tergolong sedikit karena jumlahnya 1-50 stomata/ $\text{mm}^2$ .

### Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan preparat stomata dengan perendaman  $\text{HNO}_3$  yang lebih lama sekitar 3-5 jam.

2. Perlu dilakukan penelitian mengenai aktifitas enzim pada kutikula yang berhubungan dengan ketahanan terhadap serangan hama penyakit tanaman.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis N.A. mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan tempat belajar dan memperoleh ilmu. Dra. Dwi Setyati M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dra. Umiyah M.Sc.agr selaku Dosen Pembimbing Anggota, Sulifah Aprilia H., S.Pd, M.Pd dan Dr. Iis Nur Asyiah SP., MP selaku dosen penguji, atas bimbingan, kritik dan saran yang sangat membangun demi penyusunan skripsi ini, serta teman-teman biologi angkatan 2007, Gita Paramita, Nida, Winda, Pining, Ima, Viki, Yogi, dan Agung terima kasih atas doa, dukungan dan semangatnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ichsan. Model dinamika Perilaku Sistem Sebagai Analisis Strategi Kebijakan Pengembangan Agroekosistem Lahan Kering. *Agritrop Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 7 (1) (2009) 9-30.
- [2] Mursal. Studi Pemacuan Pembungan Dan Pembuahan Pada Tanaman Lengkeng (*Euphoria longana* Lam.) Untuk Produksi Buah Di Luar Musim. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. (2004).
- [3] A. Fahn. *Anatomi Tumbuhan*. (Edisi Ketiga). Ahmad, S. Dkk, (Penerjemah); Siti S.T., (Editor). Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Terjemahan dari: *Plants Anatomy*. (1991).
- [4] Sugiyatno dan Mariana, B.D. *Karakteristik Lengkeng Dataran Rendah*. Malang: Balai Peneliti Tanaman Jeruk Dan Buah Subtropika. (2006).
- [5] B. P. Pandey. *Plant Anatomy*. New Delhi: Ramnagar. (1982).
- [6] H. Suntoro. *Metode Pewarnaan*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara. (1983).
- [7] D. A. Johansen. *Plant Microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc. (1940).
- [8] J. D. Mauseth. *Plant Anatomy*. California: University of Texas, Austin. (1988).
- [9] A. W. Qosim, Roedhy P., G.A. Wattimena dan Witjaksono. Perubahan Anatomi Daun Pada Regeneran Manggis Akibat Iradiasi Sinar Gamma In Vitro. *Zuriat*. 18 (1) (2007) 20-30.
- [10] B. E. Hidayat. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. (1995).
- [11] A. Fahn. *Anatomi Tumbuhan*. (Edisi Ketiga). Yogyakarta: Gajah Mada University Press. (1982).
- [12] D. D. Susic, and Sinclair, J.B. *Anatomy and Physiology of Diseased Plants*. Florida: CRC Press.Inc. (1990).
- [13] W. Imaningsih. Studi Banding Sifat Ketahanan Struktural Terhadap Kekeringan Antara Varietas Padi Sawah Dan Padi Gogo Berdasarkan Struktur Anatomi Daun. (2006).
- [14] A. G. Kartasapoetra. *Anatomi Tumbuh-tumbuhan*. Jakarta: Bina Aksara. (1988).
- [15] N. A. Cambell, J.B. Reece and L.G. Mitchell. *Biologi*. Erlangga. (2003).